

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年12 月19 日 (19.12.2002)

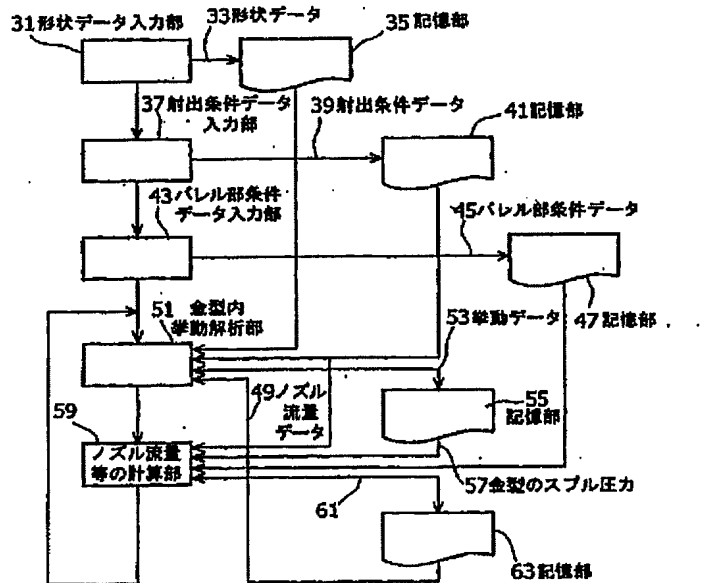
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/100623 A1

- (51) 国際特許分類: B29C 45/77 LTD.) [JP/JP]; 〒100-8315 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/05724
- (22) 国際出願日: 2002 年6 月10 日 (10.06.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2001-173382 2001 年6 月8 日 (08.06.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 上地 哲男 (UWAJI, Tetsuo) [JP/JP]; 〒453-8515 愛知県名古屋市 中村区岩塚町字高道1番地 三菱重工業株式会社 名古屋研究所内 Aichi (JP). 赤澤 公雄 (AKAZAWA, Kimio) [JP/JP]; 〒652-8585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内 Hyogo (JP). 水野 貴司 (MIZUNO, Takashi) [JP/JP]; 〒453-8515 愛知県名古屋市 中村区岩塚町字高道1番地 三菱重工業株式会社 産業機器事業部内 Aichi (JP). 筒井 健司 (TSUTSUI, Kenji) [JP/JP]; 〒453-8515 愛知県名古屋市 中村区岩塚町字高道1番地 三菱重工業株式会社
- [続葉有]

(54) Title: METHOD OF ANALYZING INJECTION MOLDING CONDITIONS

(54) 発明の名称: 射出成形条件の解析方法



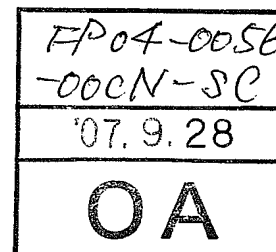
31...SHAPE DATA INPUT UNIT  
33...SHAPE DATA  
35...STORAGE UNIT  
37...INJECTION CONDITION DATA INPUT UNIT  
39...INJECTION CONDITION DATA  
41...STORAGE UNIT  
43...BARREL UNIT CONDITION DATA INPUT UNIT  
45...BARREL UNIT CONDITION DATA

51...IN-MOLD BEHAVIOR ANALYSIS UNIT  
53...BEHAVIOR DATA  
47...STORAGE UNIT  
59...NOZZLE FLOW RATE, ETC., CALCULATING UNIT  
49...NOZZLE FLOW RATE DATA  
55...STORAGE UNIT  
57...MOLD SPRUE PRESSURE  
63...STORAGE UNIT

(57) Abstract: A method of analyzing injection molding conditions closer to actual injection conditions, allowing for a molten resin compressibility in a barrel unit and a mechanical delay in resin flow caused by the constituting apparatuses of an injection molding machine; and the analysis results provided to users over the Internet. A method of analyzing injection molding conditions, comprising the steps of using input data having shape data (31) and injection condition data (37) to analyze a flow process in which molten resin is filled into a mold, a dwelling process from molten resin filling and gate sealing, and a cooling process in the mold after the gate sealing, and thereby calculating the pressure distribution and temperature distribution of the in-mold resin, wherein data (43) on the compressibility of molten resin housed in the cylinder barrel unit and mechanical data caused by the constituting apparatuses of the injection molding machine are added to the above input data.

[続葉有]

WO 02/100623 A1





工業株式会社 名古屋研究所内 Aichi (JP). 桑原 耕治 (KUWABARA, Kouji) [JP/JP]; 〒652-8585 兵庫県 神戸市 兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 奥山 尚一, 外(OKUYAMA, Shoichi et al.); 〒107-0052 東京都 港区 赤坂3丁目2番12号 赤坂ノアビル8階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CA, CN, JP, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, IT).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

バレル部内の溶融樹脂の圧縮性、及び射出成形機の構成機器に起因する機械的な樹脂流動の遅れを考慮に入れた、より実際の射出条件に近い射出成形条件の解析方法、及び解析結果をインターネットを介して利用者に提供する。形状データ(31)と射出条件データ(37)とを有する入力データを用い、溶融樹脂が型内に充填される過程の流動解析、溶融樹脂が充填されてからゲートシールまでの保圧過程の解析、及びゲートシール後における型内の冷却過程の解析を行うことによって、型内樹脂の圧力分布、温度分布を算出する射出成形条件の解析方法において、前記入力データに、シリンダのバレル部に収容された溶融樹脂の圧縮性に関するデータ(43)と、射出成形機の構成機器に起因する機械的データを加えている。

## 明細書

## 射出成形条件の解析方法

## 技術分野

- 5      本発明は、射出成形機を用いて樹脂製品を成形するにあたって、金型内に充填させる溶融樹脂の挙動を解析する方法、及びインターネットを介して行う射出成形条件の解析結果の提供方法に関する。

## 10    背景技術

従来、射出成形機を用いて樹脂製品を成形する場合は、例えば図8に示した手順で予めシミュレーションによって成形条件の予測値を求め、この予測値に基づいて実際の溶融樹脂の射出を行っている。

- 15      まず、金型形状及び樹脂成形品形状である形状データを形状データ入力部101に入力すると、この形状データ103は有限要素法、境界要素法、差分法などの数値解析法で使えるような微小要素に分解されて形状データ記憶部105に記憶される。

- 20      次いで、充填樹脂の流量と温度を射出条件データ入力部111に入力すると、これらの流量と温度データ113は数値処理されて射出条件データ記憶部115に記憶される。

- 25      さらに、前記形状データ103及び充填樹脂の流量と温度113を金型内挙動解析部121に入力すると、充填過程中における溶融樹脂の流動解析、充填終了からゲートシールまでの保圧過程の解析、及びゲートシール後の型内冷却過程の解析を行い、この解析過程の成形樹脂の金型内部における挙動データ123を算出

する。こののち、挙動データ 1 2 3 は挙動データ記憶部 1 2 5 に記憶される。

しかしながら、前記従来の技術では、射出条件データ入力部 1 1 1 には、充填樹脂流量及び温度のみ 1 1 3 を入力しており、シリンドラ内のバレル部に溜まっている溶融樹脂の圧縮性に関するデータは入力しておらず、該部に充填する溶融樹脂の圧縮性は解析に考慮されていない。このバレル部内の溶融樹脂量は大きいため、圧縮性を考慮しない場合、実際の射出条件は、前記従来のシミュレーションによって得られる予測値とずれるおそれがあり、実機を用いて予測値の調整や補正を何回も行う必要があった。また、バレル部に溜まった溶融樹脂の圧縮率が変化した場合には、その都度、予測値の調整を行う必要があった。

さらに、前記従来の技術においては、モータやボールねじなど、射出成形機を構成する機器の動作遅れ等に関するデータは入力されない。よって、従来のシミュレーションによっては、充填される溶融樹脂の流量を所定の目標応答パターンに近づけるような充填樹脂の応答に応じた射出成形機における制御コントローラの性能評価を行うことが困難であった。

## 20 発明の開示

本発明は、前記課題を解決し、バレル部内の溶融樹脂の圧縮性と、射出成形機の構成機器に起因する機械的な樹脂流動の遅れとを考慮に入れた、より実際の射出条件に近い射出成形条件の解析方法と、射出成形条件の解析結果をインターネットを介して提供する方法とを提供することを目的とする。

本発明に係る射出成形条件の解析方法は、前記目的を達成する

ため、樹脂成形品形状に対応した金型キャビティの形状を数学的に定義した金型形状データと、射出成形機の射出装置と金型を連結する樹脂通路形状を数学的に定義した樹脂通路形状データと、金型キャビティの表面温度と、粘度を含む温度に依存する充填樹脂の物性データと、スプル入口部の熔融樹脂の圧力と温度と流量を含む射出条件データとを含む入力データを用い、熔融樹脂が金型内に充填される過程の流動解析を行うことによって、熔融樹脂が型内に充填される過程の流動特性を算出する射出成形条件の解析方法であって、射出ノズルの流路形状とシリンダのバレル部に貯溜される熔融樹脂の圧縮性を考慮して熔融樹脂の金型キャビティ内への流動特性を算出する方法である。ここで、射出条件データには、スプル入口での熔融樹脂の圧力、温度、流量(又は流速)などを含むことができる。そして、解析は少なくともこのようなスプル入口における条件に基づいて行なわれる。また、上記の樹脂通路には、スプル、ランナ、ゲートといった射出装置のノズル先端と、金型の本体あるいは金型の成形品の形状に対応する部分をつなぐ部分が含まれる。

前記シリンダ内には、シリンダの軸方向に前進又は後退することが可能なスクリュウが配設されており、このスクリュウの前方側に位置するバレル部には、熔融樹脂が収容されている。スクリュウを前進させると、バレル部内の熔融樹脂が押し出され、シリンダ先端部のノズルから金型内のキャビティに熔融樹脂が流動圧入される。この場合において、前記バレル部に収容された熔融樹脂の量は非常に大きく、かつ、圧力が加えられると弾性的に圧縮される。これにより、射出開始後、ボールネジ等に配設したロードセルによって圧力が検出されてから、金型内部の圧力が出力さ

れるまでに時間遅れが生じる。しかしながら、従来は、このバレル部の溶融樹脂は非圧縮性を有するもの、即ち、加圧されても全く圧縮されないと仮定して流動解析シミュレーションを行っていた。

- 5     本発明によれば、このバレル部内の溶融樹脂の圧縮性も考慮に入れた流動解析を行って、従来よりも、実際の射出条件に更に近く正確な挙動データを得ることができる。よって、シミュレーションの結果をそのまま用いて射出成形を行うことができ、従来のように、何回も実機を用いてシミュレーションの結果を補正する  
10   必要がなくなり、コスト面のみならず、生産作業面においても非常に有利となる。

また、本発明に係る射出成形条件の解析方法においては、前記バレル部に収容された溶融樹脂の圧縮性に関するデータは、溶融樹脂をシリンダから押し出すスクリュウの移動速度、バレル部断  
15   面積、ノズルスプルの間の流路断面積、流量特性係数、及び樹脂圧縮率の少なくともいずれかを含むことができる。

そして、本発明によれば、上述の解析方法において、金型キャビティ内へ溶融樹脂を充填完了した後の溶融樹脂に対する冷却特性を算出することにより、樹脂が冷却されるときに収縮に伴う容  
20   積減少を補償するに要する溶融樹脂の充填圧力を算出する保圧算出工程をさらに含むようにすることができる。

さらに、本発明に係る射出成形条件の解析方法の別の態様は、前記入力データに、目標樹脂充填流量パターンと制御コントローラ内パラメータとを加えることによって、射出成形機を構成する  
25   機器に起因する機械的な遅れを考慮した、ノズル内を流動する溶融樹脂の充填流量を算出する方法である。

射出成形機は、モータやボールネジなどの様々な機器から構成されており、この機器には各々、いわゆるあそびあるいはあそび代を有する。このあそびは、回転運動を行う機械であれば必然的につきまとうものであるため、設備的な対策によって、無くすことはできない。

そこで、本発明によれば、主に、この機械のあそびに起因する機械的な樹脂流動の遅れを流動解析シミュレーションに取り入れることによって、従来よりも更に正確な樹脂の挙動データを算出することができる。

10     そして、本発明に係る射出成形条件の解析方法の更に別の態様は、前記制御コントローラ内パラメータが、スクリュの移動速度を演算制御する制御装置の PID 演算部のゲイン常数である方法である。PID 制御は、制御偏差の現在値、過去からの積分値と、微分係数とを用いて操作量を決定する自動制御方法である。

15     なお、本発明に係る射出成形条件の解析方法においては、前記射出成形機を構成する機器は、熔融樹脂をシリンダ内から押し出すスクリュと、該スクリュを前後方向に移動させるボールネジと、該ボールネジを回転させるモータとからなる電動式駆動装置、あるいは油圧により直線駆動を行う油圧式駆動装置のいずれ  
20     でもよい。

さらに、本発明に係る射出成形条件の解析結果の提供方法は、コンピュータを介して、利用者から射出成形条件の解析の申し込みをデータ解析業者のコンピュータが受け付けるステップと、前記利用者から送信された射出成形の基礎データを受信し、前記解析方法を用いて、データ解析業者のコンピュータで計算するステップと、この算出された結果及び利用者識別子に対応してデータ

ベースに記憶された課金情報をインターネットによって、前記利用者に送信するステップとを含んでなる方法である。

- 本発明によれば、データ解析業者の保有するホームページに利用者がアクセスし、所定の申し込みをしたのち、簡単な基礎データを入力するだけで、バレル部樹脂の圧縮率と機械的遅れを加味した射出成形条件のシミュレーションをすることができる。

#### 図面の簡単な説明

- 図 1 は、本発明の実施形態に用いる射出成形機を示す概略図である。

図 2 は、図 1 の要部を示す拡大断面図である。

図 3 は、第 1 の実施形態に係る解析方法の手順を示すフローチャートである。

- 図 4 は、第 2 の実施形態に係る解析方法の手順を示すフローチャートである。

図 5 は、第 2 の実施形態に係るノズル部での圧力損失解析を示すフローチャートである。

図 6 は、第 2 の実施形態に係るシミュレーション結果を示すグラフである。

- 図 7 は、本発明に係る解析シミュレーションをインターネットを介して第三者に利用可能にするシステムの概念図である。

図 8 は、従来の解析方法の手順を示すフローチャートである。

図 9 は、本発明において用いられる制御系統を示すダイアグラムである。

- 25 発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明の実施の形態について、図面を用いて詳細に説



明する。

### 〔射出成形機の構造〕

図 1 は、本発明の実施形態に用いる射出成形機の概略図である。

5 射出成形機の後部には、回転可能なサーボモータ 1，1 が上下  
によって連結されている。また、サーボモータ 1，1 の先端部は、  
タイミングベルト 5，5 によってボールネジ 7，7 に連結されて  
いる。該ボールネジ 7，7 にはボールナット 9，9 が螺合されて  
10 を介して、シリンダ 13 内のスクリー 15 の基部に接続され、  
該スクリー 15 は、回転可能に支持されている。

一方、図 2 に示すように、可塑化シリンダ 13 内には、前記し  
たように、前後方向に移動可能なスクリー 15 が配設されてお  
り、該スクリー 15 の前部は、バレル部 17 と呼ぶ溶融樹脂  
15 溜りが形成されている。更にシリンダ 13 の先端部には、ノズル  
21 が形成されて、スプル、ランナ、ゲートをこの順に有する金  
型 23 に接続されている。この金型 23 の内部には、製品形状に  
合致した形状のキャビティ 25 が形成されており、パーティング  
面で分離・開閉可能に構成されている。

20 前記構成を有する射出成形機の動作状況を次に説明する。シリ  
ンダ 13 は図示しない台盤に固定され、プッシュプレート 11 は  
台盤上をボールねじ 7 とナット 9 から成る直線駆動機構を介して  
前後進駆動される。スクリー 15 はプッシュプレート 11 に回  
転支持されていてシリンダ 13 内で回転可能及び前進後退可能に  
25 駆動される。

次に、射出成形作業が連続的動作に入った段階から概説する。

射出が完了した段階では可塑化段階では、スクリュ 15 はシリンダ 13 に対しての最前進位置にある。図示しない回転駆動装置でスクリュ 15 を回転するとスクリュの基部に供給された固形の樹脂はスクリュのねじ溝に沿って送られる。樹脂はこの時シリンダ内壁面、ねじ溝面の間で摩擦を受けて発熱する。一方シリンダ 13 は外部にヒータを設けて加熱しているので、シリンダ 13 内の樹脂は摩擦の拠る発熱と外部加熱を受けねじ溝のリードに沿った送り動作に伴って順次溶融する。溶融した樹脂はバレル 17 に貯溜される。溶融樹脂がバレル 17 に貯溜するにしたがって、スクリュ 13 は後退する。溶融樹脂の貯溜量が所定量に達するとスクリュの回転は停止され射出工程に移る。

射出成形時には、サーボモータ 1, 1 が駆動され、ボールネジ 7, 7 が回転し、該ボールネジ 7, 7 に螺合するボールナット 9, 9 及びプレッシャープレート 11; 11 は、図 1 の左方向に前進し、これに合わせてスクリュ 15 も前進してシリンダ 13 内に収容された溶融樹脂が金型 23 のキャビティ 25 内に射出され、このとき射出圧力はロードセル 27 (図 1 参照) で検出される。

以上はボールねじ方式の直線駆動機構であるが、油圧駆動式に置き換えることが可能であることは言うまでもない。油圧駆動式の例としては、特開平 10-109339 号公報に記載のものがあ

#### [第 1 の実施の形態]

以下に、第 1 の実施の形態として、金型 23 内に溶融樹脂を射出して充填させる際に、バレル部 17 の溶融樹脂の圧縮率を考慮して解析を行う解析手順を図 3 を用いて説明する。

#### (1) 形状データの入力

まず、金型形状と樹脂成形品の形状（以下、形状データともいう）に関するデータをコンピュータの形状データ入力部 3 1 に入力すると、この入力された形状データ 2 3 は、有限要素法、境界要素法、差分法などの数値解析法で使えるような微小要素に分解  
5 されて形状データ記憶部 3 5 に記憶される。

## （２）射出条件データの入力

次いで、充填樹脂の物性データと流量と温度、及びスクリュールの移動速度（以下、射出条件データともいう）の時間応答のデータを射出条件データ入力部 3 7 に入力すると、これらのデータ 3  
10 9 は後述の計算に適した単位換算などの数値処理が施されて射出条件データ記憶部 4 1 に記憶される。なお、前記物性データは、樹脂の溶融密度、比熱、熱伝導率などの熱特性や、溶融時の粘度特性などを少なくともいくつか含むものである。また、前記射出条件データ 3 9 は、射出、保圧、冷却条件を定めるために有効な  
15 データである。

## （３）バレル部条件データの入力

さらに、バレル部の断面積及び長さ、ノズル径及び長さ、スプル径及び長さ、流量係数、樹脂の粘度及び樹脂の圧縮率（以下、バレル部条件データという）をバレル部条件データ入力部 4 3 に  
20 入力すると、前記バレル部条件データ 4 5 は、後述の計算に適した単位換算などの数値処理を施されて、バレル部条件データ記憶部 4 7 に記憶される。

## （４）成形樹脂の金型内における挙動解析

こののち、前記形状データ 3 3、前記射出条件データ 3 9、及び、後述のノズル流量等の記憶部に記憶されたノズル流量データ  
25 4 9 を金型内挙動解析部 5 1 に入力すると、金型内部に充填中に

における溶融樹脂の流動解析、充填終了からゲートシールまでの保圧過程の解析、及びゲートシール後の型内冷却過程の解析を行い、この解析過程の成形樹脂の金型内部における挙動データ 5 3 を算出する。該挙動データ 5 3 は、成形樹脂の型内挙動データ記憶部 5 5 に記憶される。

#### (5) ノズル流量等の計算

前記バレル部条件データ記憶部 4 7 に記憶されたバレル部条件データ 4 5、前記射出条件データ記憶部 4 1 に記憶された射出条件データ 3 9、及び、前記型内挙動データ記憶部 5 5 に記憶された挙動データ 5 3 の中の金型内スプル圧力 5 7 をノズル流量等の計算部 5 9 に入力すると、該計算部において、バレル部 1 7 の溶融樹脂の容積、バレル部 1 7 の溶融樹脂の圧力、及びノズル流量などのデータ 6 1 が計算され、ノズル流量等の記憶部 6 3 に記憶される。

15     なお、バレル部 1 7 の溶融樹脂の容積  $V_B$  は次式により計算される。

$$dV_B/dt = -A_B \cdot v_s \quad (\text{式 1})$$

ただし、 $V_B$  はバレル部の溶融樹脂の容積、 $A_B$  はバレル部の断面積、 $v_s$  はスクリー速度である。

20     バレル部 1 7 の溶融樹脂の圧力  $P_B$  は次式により計算される。

$$V_B \cdot \beta \cdot dP_B/dt = -A_B \cdot v_s - Q \quad (\text{式 2})$$

ただし、 $P_B$  はバレル部の溶融樹脂の圧力、 $Q$  はノズル樹脂の流量、 $\beta$  は樹脂圧縮率である。

ノズル部での樹脂流量  $Q$  は、次式により計算される。

25      $Q = [(P_B - P_c) / A_r]^{1/n} \quad (\text{式 3})$

ただし、 $P_c$  は金型スプルの入口の圧力、 $A_r$  はノズルの通路断面

積、 $n$ は流量特性に関わる定数である。

以上を整理すると以下の様になる。

(a) スプル入口以降金型キャビティ内で成立する関係

$$P_C = f_1(\eta, \beta, Q, l) \quad (\text{式 4})$$

5 (b) ノズル部の関係

$$P_B - P_C = f_2(\eta, Q) \quad (\text{式 5})$$

(c) バレル部での関係

$$V_B \cdot \beta \cdot dP_B/dt = -A_B \cdot v_s - Q \quad (\text{式 6})$$

$$dV_B/dt = -A_B \cdot v_s \quad (\text{式 7})$$

10 (d) スクリュの駆動条件で決る関係

$$v_s = f_3(t) \quad (\text{式 8})$$

ここに、 $P_B$ はノズル入口圧力である。

$P_C$ はスプル入口圧力(=ノズル出口圧力)であって、金型充填圧力としても考えられるものである。 $f_1$ と $f_2$ は特性関数であり、 $f_3$ は、射出速度の司令値に対して制御結果として得られる射出速度と制御系のパラメータとの関係をあらわす関数である。 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ は、理論的あるいは実験的データにより決定することができる。本発明においては、これらの関数のうち特に $f_2(t)$ は、樹脂圧縮率 $\beta$ にも依存している。

20 式4のみに拠る解析が、有限要素法、境界要素法、FAN法等数値解析手法を用いたCAD/CAE/CAMで提案されている従来技術の流動解析内容を総括的に示す部分である。

これに対し、本発明においては、 $Q$ 又は $v_s$ を予め与えて $Q = v_s \cdot A_B$ を得て式6などに拠って解析する。さらに、本発明によれば、 $v_s$ としては駆動系動特性から決まる $v_s$ を用いることができる。例えば、射出スクリュの速度、射出スクリュ駆動装置の速

度、射出スクリュ用のボールネジの回転駆動モータの速度、あるいは射出スクリュの直線駆動用油圧系の駆動状態などに関するセンサ信号値や制御信号値に関連付けて $v_s$ の値、すなわち $f_s(t)$ を定めることができる。図9に示すように、信号司令値に対応した速度司令値が与えられ、それぞれのコントローラ151、152により、電動機駆動または油圧駆動式装置といった制御対象154が制御される。すなわち、 $X_s$ 、 $v_s$ がコントローラ151、152からそれぞれ出力される。 $v_s$ は解析装置153に出力されて解析される。

## 10 [第2の実施の形態]

第1の実施形態の式4から式8を連立させて解析する場合を示す。

以下に、第2の実施の形態として、金型23内に溶融樹脂を射出して充填させる際に、バレル部17の溶融樹脂の圧縮率と射出成形機の構成機器に起因する機械的な遅れの双方を考慮して解析を行う解析手順を図4を用いて説明する。

### (1) 解析条件データの入力

まず、充填樹脂の流量の目標パターン、制御コントローラ内のパラメータ、後述する機構動作計算部への入力諸元、及び形状データ（金型形状と樹脂成形品の形状）を、後述の計算に適した単位換算などの数値処理を行ったり、形状データについては有限要素法、境界要素法、差分法などの数値解析法に適した微小要素に分解して解析条件データ入力部71に入力し、解析条件データ記憶部73に記憶させる。

25 なお、前記機構動作計算部とは、アンプ、モータ1、ロードセル27、ボールネジ7、スクリュ15の動作の計算を行う部位

を示す。

## (2) 制御コントローラ計算部への入力

次いで、前記解析条件データ記憶部 7 3 に記憶した充填樹脂の流量の目標パターンと制御コントローラ内のパラメータ、また、

- 5 機構動作計算記憶部に記憶されたモータ位置、及び樹脂充填解析計算値記憶部に記憶されたノズル樹脂流量と型内樹脂圧力を、制御コントローラ計算部 7 5 に入力すると、制御出力 7 7 である位置指令とトルク制限指令を計算して、制御コントローラ出力記憶部 7 9 に記憶される。

- 10 なお、制御コントローラ計算部 7 5 における計算方法は、充填樹脂の流量の目標パターンと樹脂充填解析計算部が計算したノズル樹脂流量との差を小さくする計算方法（いわゆる馴染み制御）、又は、馴染み制御と同じ目的を有する P I D 制御や最適制御等の公知の制御計算手法を用いて計算を行う。

## 15 (3) 機構動作計算部への入力

さらに、前記解析条件データ記憶部 7 3 に記憶した充填樹脂の流量の目標パターンと制御コントローラ内のパラメータ、また、制御コントローラ出力記憶部 7 9 に記憶された位置指令とトルク制限指令、樹脂充填解析計算値記憶部に記憶されたバレル部樹脂

- 20 圧力を、機構動作計算部 8 1 に入力すると、スクリー速度やモータ位置などを計算して、機構動作計算値記憶部 8 3 に記憶される。

この機構動作計算部においては、ニュートン力学の並進運動方程式、回転運動方程式に則った公知の方程式を解く計算方法を用

- 25 いて計算を行う。

## (4) 樹脂充填解析計算部

そして、前記解析条件データ記憶部 7 3 に記憶された金型形状と樹脂成形品形状、及び、機構動作計算値記憶部 8 3 に記憶されたスクリー速度を樹脂充填解析計算部 8 5 に入力すると、型内樹脂圧力、ノズル樹脂流量、バレル部樹脂圧力等が計算され、樹脂充填解析計算値記憶部 8 7 に記憶される。なお、この計算は、前記第 1 の実施の形態で説明した「(5) ノズル流量等の計算」におけるものと同じ計算方法を用いる。

ここでの計算は、式 5 又はノズル入口以降からゲートまでを数値解析によって計算する場合を示すものである。

すなわち、式 5 の関係を式 3 に拠らずに数値演算処理する場合に相当に相当する。

次いで、図 5 を用いて、1 次元要素で  $n$  分割してモデル化されたノズル形状に対するノズル部での圧力損失解析の流れを説明する。

まず、ステップ 400 にて流動解析に使用された射出速度データ  $V(V_0)$  に、前記(式 3)で求めたノズル樹脂流量  $Q$  を計算する。

ステップ 401 では、サンプリング周期で離散化された時間情報を表すカウンタ  $N$  を「1」に設定し、金型側のノズル端部の樹脂圧力損失累積  $PN_1$  を「0」とする(ステップ 403)。

ステップ 404 において、ノズル形状モデル内の要素番号カウンタ  $i$  を「1」に設定し、要素  $i$  でのせん断速度  $\gamma_i$  を円管内の式 9 から求める(ステップ 405)。

$$\gamma_i = 4Q / (\pi R_i^3) \quad \dots (式 9)$$

ここで、 $R_i$  は要素  $i$  における半径である。

次にステップ 406 で、要素  $i$  内での熔融粘度  $\eta_i$  を樹脂温度  $T$  (なお、この樹脂温度は、ノズルに設定された温度より経験的に



予想して求める。例えば、ノズル設定温度に10度加算した温度とする。)、せん断速度 $\gamma_i$ から、例えば次の式10に示す粘度モデル式などによって求める。

$$\eta_i = A \times \gamma_i^B \times \text{Exp}(C \times T) \quad \dots \dots (式10)$$

- 5   ここで、A、B、Cは定数である。ステップ408は、(式6)に示す円管内の流動圧力損失式から要素i内での圧力損失 $\Delta P_i$ を求め、節点iの圧力損失累計 $PN_i$ に $\Delta P_i$ を加え節点i+1の圧力損失累計 $PN_{i+1}$ を求める(ステップ409)。

$$\Delta P_i = L_i \times Q \times 8 \eta_i / (\pi R_i^4) \quad \dots \dots (式6)$$

- 10   ここで $L_i$ は要素iの長さ、 $R_i$ は要素iにおける半径、 $\eta_i$ は要素iにおける溶融粘度であり、予め入力されている。次に要素番号iをi+1として(ステップ410)、ステップ405に戻り、iがnを超えるまで406~410の操作を実行して求められた成形機側のノズル端部の節点での圧力損失累計 $PN_{n+1}$ を $P_{loss}(N)$ として記憶する(ステップ411)。

ステップ412は、カウンタNを「1」加算し、カウンタNの値が樹脂流動解析で得られた樹脂流入口の樹脂圧力のデータの数N0になるまでステップ402~412の演算を繰り返し、圧力損失カーブ $P_{loss}(N)$ を計算する。

- 20   なお、前述の第2の実施形態による溶融樹脂のノズル流量を図6に示す。この図6は、従来の方法によってノズル流量を解析したグラフと、第2の実施形態によって解析したノズル流量とを同一のスクリー速度において対比して描いたものである。また、下側には、スクリー速度が同一時間軸で示してある。

この図6から判るように、本発明の方がノズル流量の時間的遅

れを明確に示しており、滑らかな曲線状を描いている。特に、充填が開始された直後は、バレル部の樹脂量が多いため、圧縮による収縮量が大きくなり従来との相違が大きくなり、これは、充填量の差として充填終了まで影響を及ぼすことになる。

- 5      これまで述べた射出成形条件の解析方法による作用効果について説明する。

- 前記の第1の実施形態によれば、バレル部から型内の全ての熔融樹脂を一体として取り扱って解析計算することによって、バレル部の樹脂の圧縮性を考慮して、スクリュウの動きに対する樹脂  
10 流動の遅れを考慮することが可能となり、高速充填時の金型内部の樹脂圧力、ノズル樹脂流量などの充填挙動を精度良く計算することができる。

- また、射出成形機のパレル部、ノズル部及び金型内の全ての樹脂の圧縮性を一つのプログラム内で取り扱い、バレル部、ノズル  
15 部、金型内の全域に亘る圧力分布、温度分布を計算することができる。

- さらに、充填流量を射出条件とし、金型内の圧力分布、温度分布を計算する手法として、有限要素法、境界要素法、差分法などのいかなる数値解析やその分割次数が2次元であるか又は3次元  
20 であるかにかかわらず、使用することができる。

- 一方、前記第2の実施形態によれば、射出成形機の制御コントローラに入力するパラメータと目標樹脂充填流量パターンを入力することによって、射出成形機を構成するモータやボールネジなどの機械的な駆動装置の電氣的又は機械的な動作遅れとバレル部  
25 樹脂の圧縮性による応答遅れとを考慮したノズル樹脂充填流量の経時的な特性値を算出することができる。

また、バレル部の樹脂の圧力を介して制御コントローラにフィードバックして、樹脂の圧縮性を考慮した制御出力である位置指令を計算することができる。

- さらに、制御パラメータを変更したとき、射出成形機の駆動部
- 5 を構成する機器の諸元を変更したとき、金型形状を変更したときのそれぞれにおいて、機械的な遅れとバレル部樹脂の圧縮性による遅れとを一括して考慮して、1回の計算によって成形品の品質評価を行うことができる。

- なお、本発明は、前述した実施の形態に限定されることなく、
- 10 本発明の技術思想に基づいて種々の変更及び変形が可能である。

- 例えば、第1の実施の形態においては、成形樹脂の金型内挙動解析部51とノズル流量等の計算部59とを分けて別々に入力及び計算をしたが、これらは一体にして計算することも可能である。ほとんどの成形樹脂の金型内挙動解析手法では、その内部で多次
- 15 元の連立方程式を解いており、この連立方程式と前述した式1～式3までを連立して解くことによって、金型内挙動解析部51とノズル流量等の計算部59とにおける計算を一体に行うことができる。

- また、本発明に係る解析方法をインターネットを介して第三者
- 20 に利用可能にすることができる。例えば、図7に示すように、まず、利用者登録を行った利用者91が、利用者識別子と提供要求内容を表すリクエストから構成される商品購入要求情報93とをインターネット94内の課金可能ウェブサーバ95に送信する。次いで、このサーバ95からインターフェース96を介してデー
- 25 タ提供者の保有するホームページに設けられたシミュレーションソフトウェア97（本発明に係る解析シミュレーション）にアク

セスすることができる。利用者 9 1 が基礎データを入力すると、型内樹脂の圧力分布、温度分布、バレル部の溶融樹脂の圧縮性や機械的遅れを考慮したノズル樹脂流量が前記シミュレーションソフトウェア 9 7 によって算出されるため、この算出値と課金情報 5 を利用者 9 1 に送信する。そして、前記課金情報は利用者識別子に対応してデータベースに記憶される。

## 請求の範囲

1. 樹脂成形品形状に対応した金型キャビテイの形状を数学的に定義した金型形状データと、射出成形機の射出装置と金型を連結する樹脂通路形状を数学的に定義した樹脂通路形状データと、金型キャビテイの表面温度と、粘度を含む温度に依存する充填樹脂の物性データと、スプル入口部の溶融樹脂の圧力と温度と流量を含む射出条件データとを含む入力データを用い、溶融樹脂が金型内に充填される過程の流動解析を行うことによって、溶融樹脂が型内に充填される過程の流動特性を算出する射出成形条件の解析方法であって、射出ノズルの流路形状とシリンダのバレル部に貯溜される溶融樹脂の圧縮性を考慮して溶融樹脂の金型キャビテイ内への流動特性を算出する射出成形条件の解析方法。
2. 金型キャビテイ内へ溶融樹脂を充填完了した後の溶融樹脂に対する冷却特性を算出することにより、樹脂が冷却されるときに収縮に伴う容積減少を補償するに要する溶融樹脂の充填圧力を算出する保圧算出工程をさらに含む請求 1 項に記載の射出成形条件の解析方法。
3. 前期射出条件データのスプル入口部の流量が射出スクリュの速度又は速度信号に対して一義的に決まる流量である請求項 1 又は 2 に記載の射出成形条件の解析方法。

4. 前記射出スクリュウの速度又は速度信号は射出スクリュウを直線駆動する駆動装置の速度制御装置によって制御された速度または速度信号である請求項 1 から 3 に記載の射出成形条件の解析方法。

5

5. 前記直線駆動装置がボールネジと該ボールネジを回転駆動するモータとから成る電動式の駆動装置であることを特徴とする請求項 4 に記載の射出成形条件の解析方法。

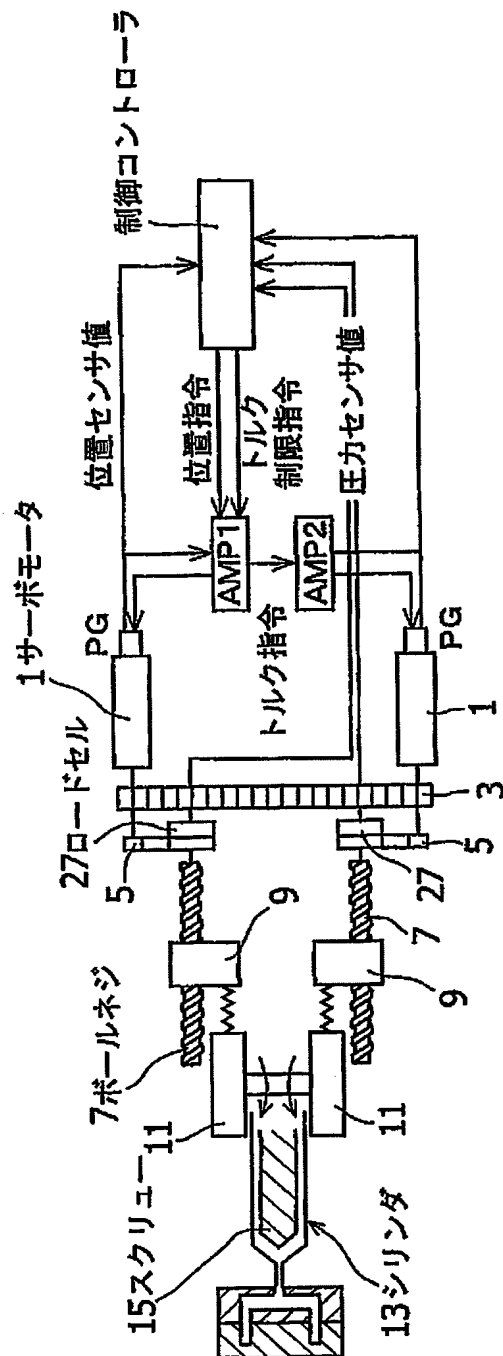
10 6. 前記直線駆動装置が油圧式である事の特徴とする請求項 4 に記載の射出成形条件の解析方法。

7. コンピュータを介して、利用者から射出成形条件の解析の申し込みをデータ解析業者のコンピュータが受け付けるステップと、前記利用者から送信された射出成形の基礎データを受信し、前記請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載された解析方法を用いて、データ解析業者のコンピュータで計算するステップと、この算出された結果及び利用者識別子に対応してデータベースに記憶された課金情報をインターネットによって、前記利用者へ送信するステップとを含んでなる解析結果の提供方法。

15

20

FIG.1



2/7

FIG.2

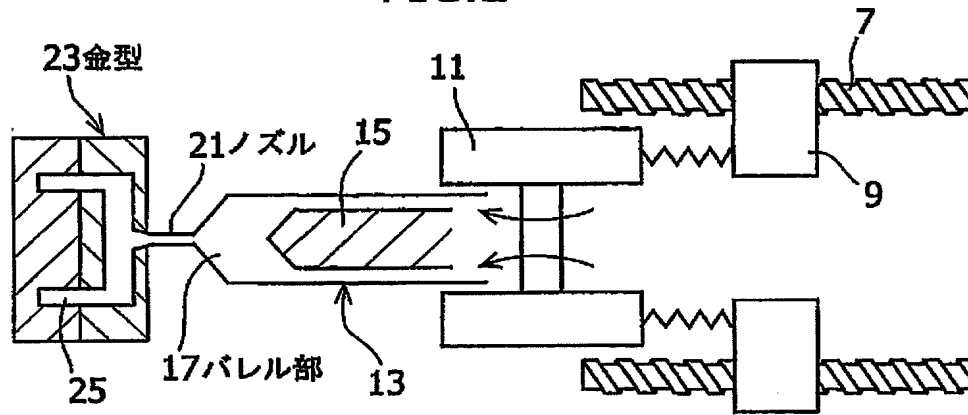


FIG.3

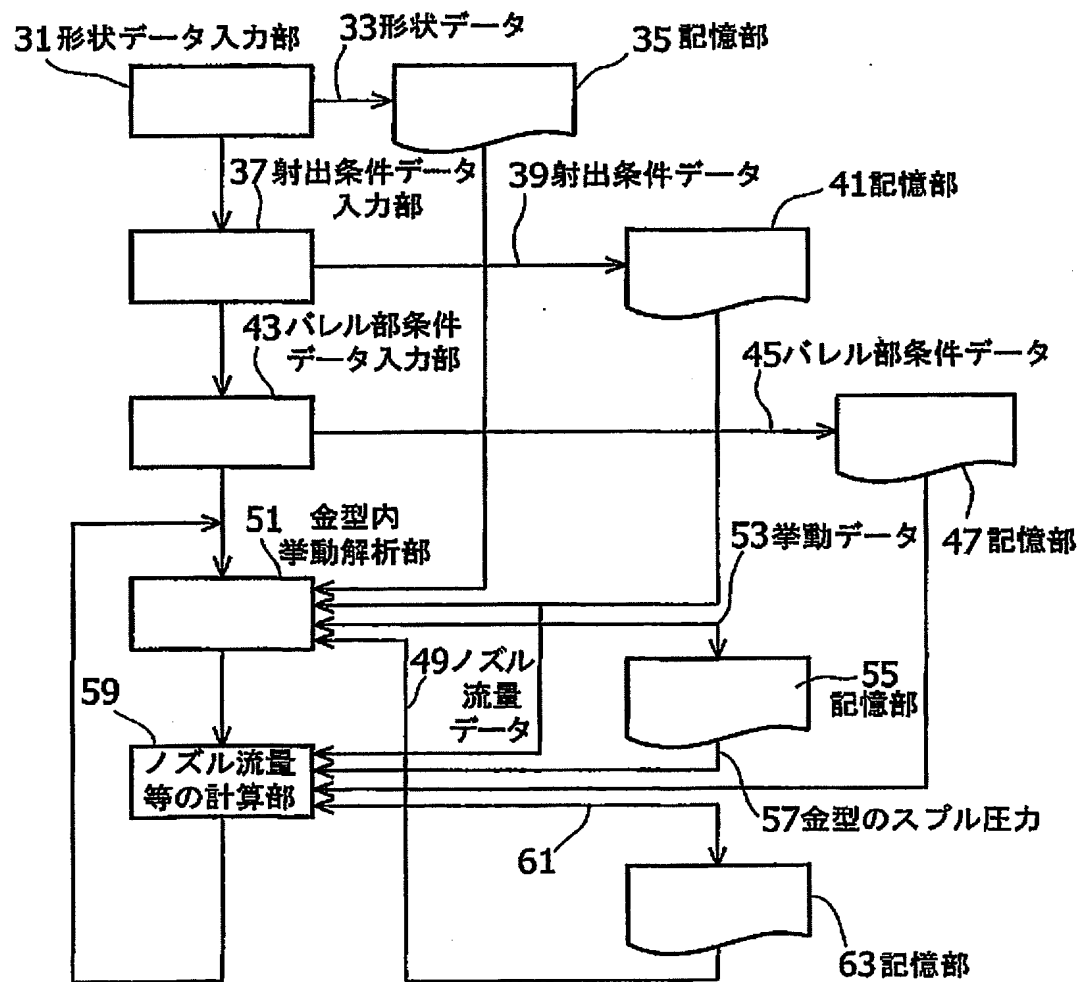
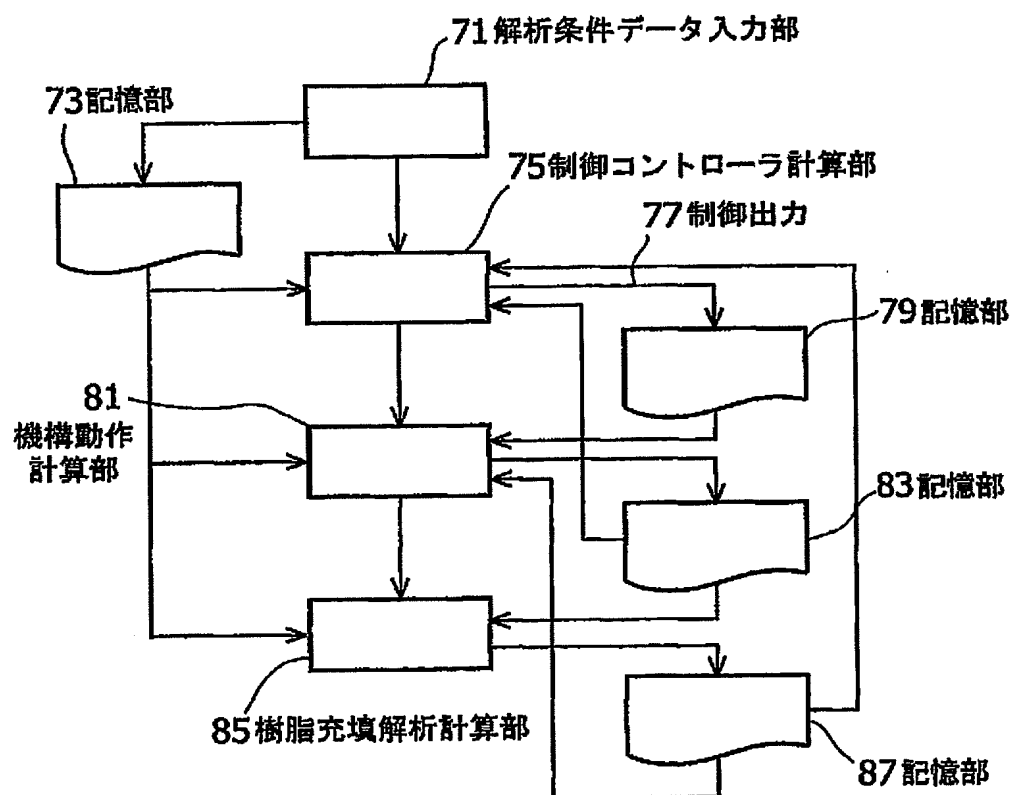




FIG.4



4/7

FIG.5

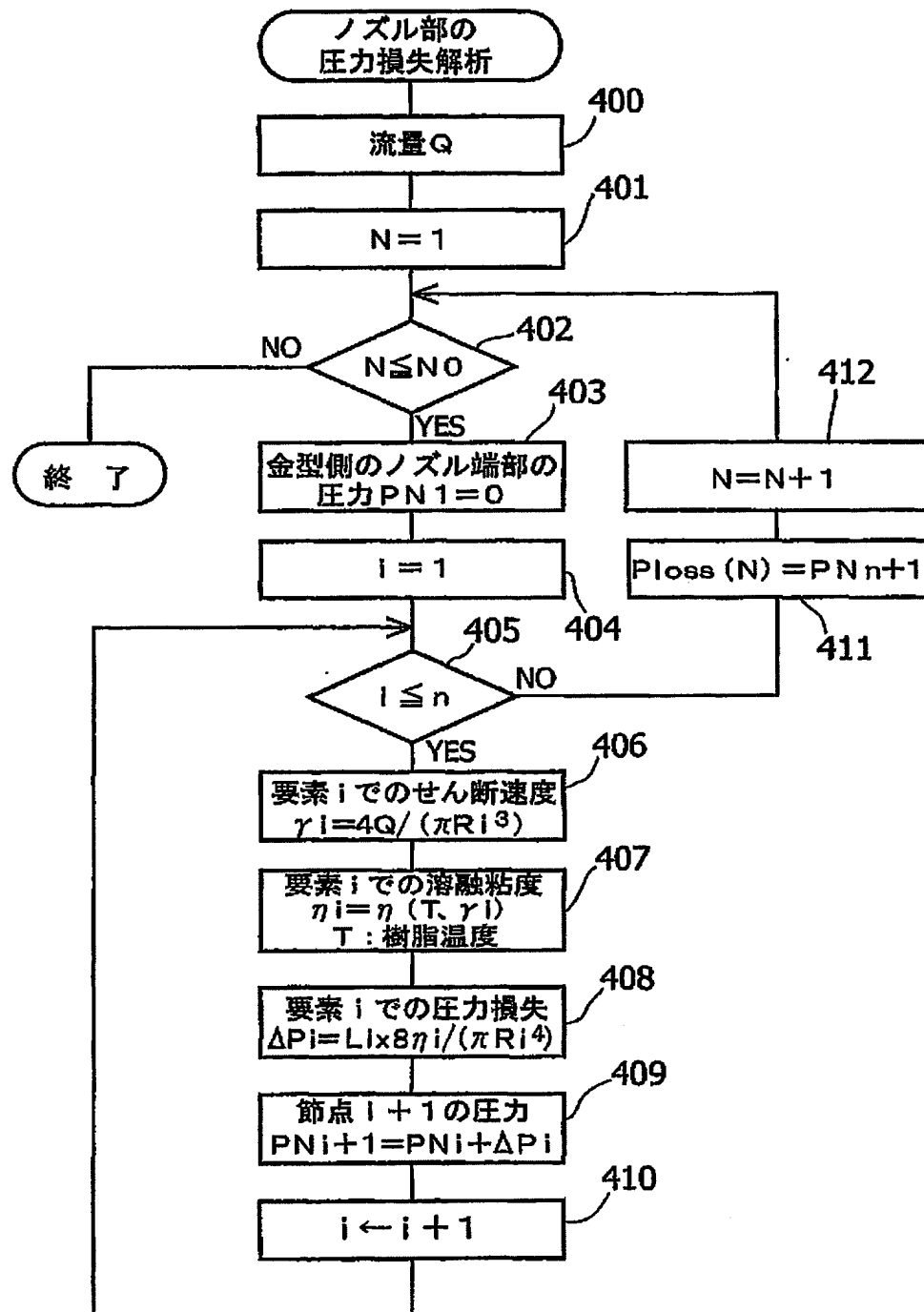
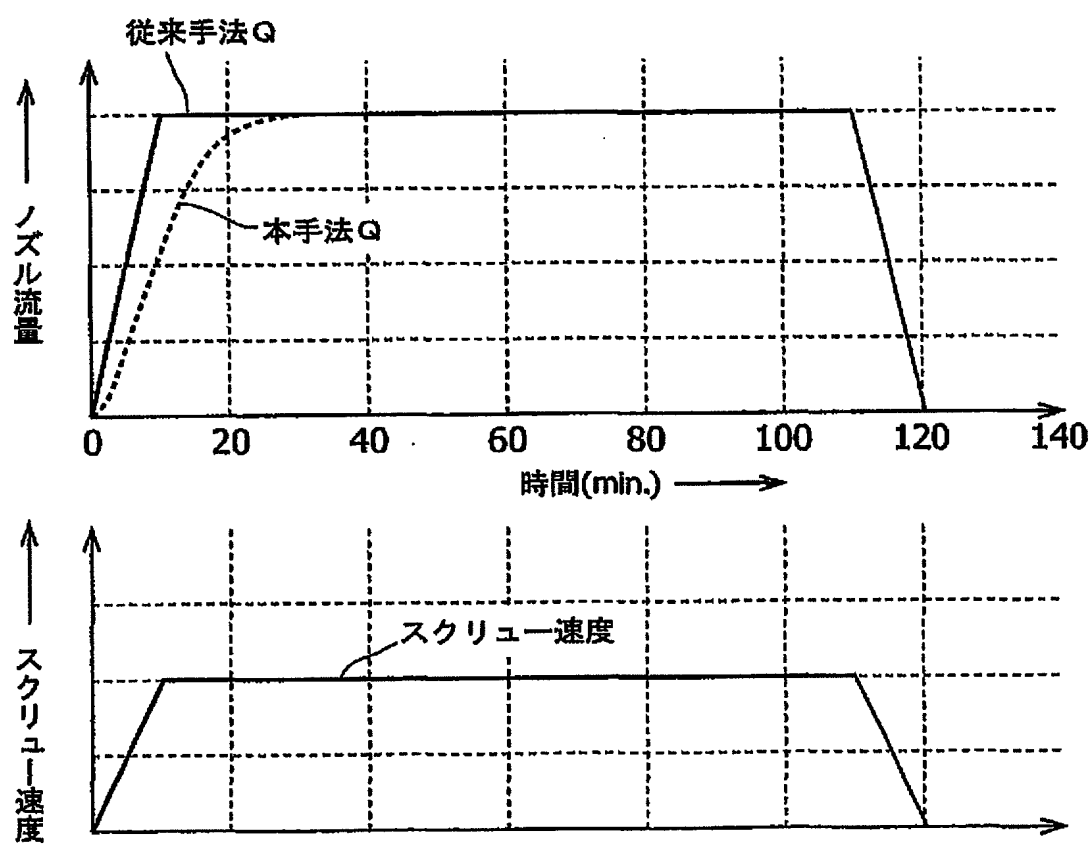


FIG.6



6/7

FIG.7

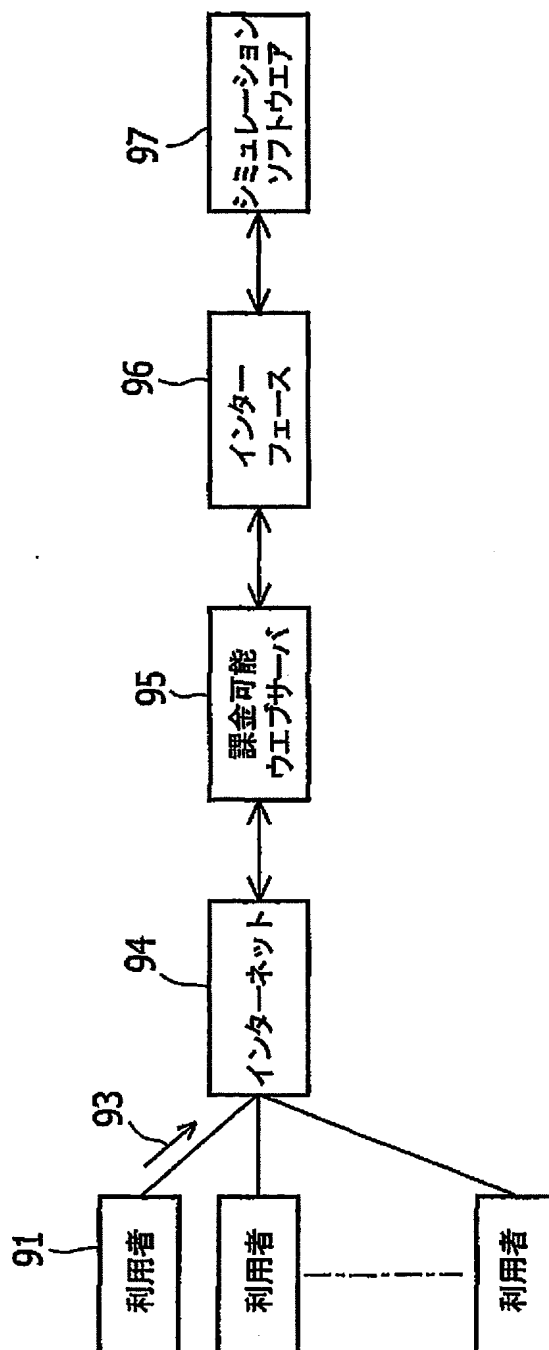


FIG.8

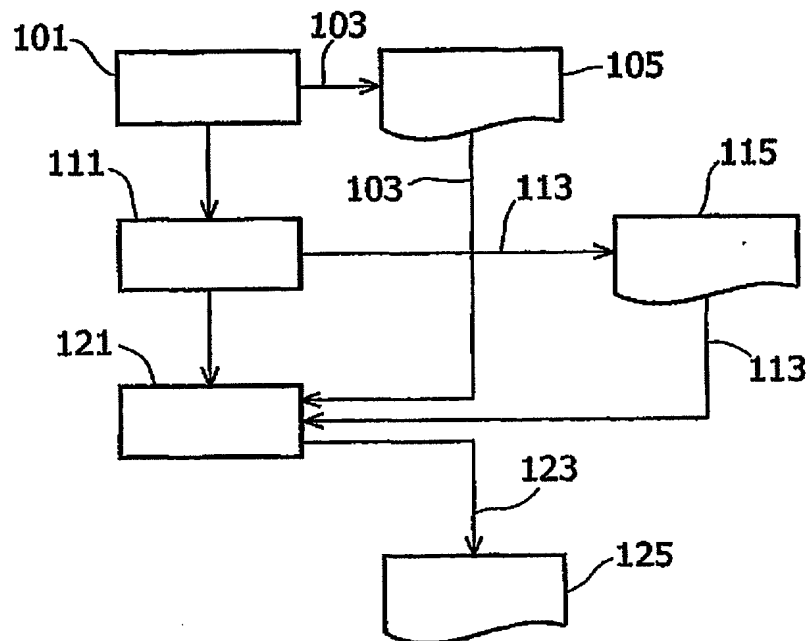


FIG.9

